

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-339254

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 1 1 B 5/78

G 1 1 B 5/78

5/584

5/584

5/704

5/704

21/10

21/10

Z

// G 1 1 B 7/09

7/09

C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L 外国語出願 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平11-79452

(22) 出願日 平成11年(1999) 3月24日

(31) 優先権主張番号 09/046723

(32) 優先日 1998年3月24日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 591179352

クウォンタム・コーポレーション

QUANTUM CORPORATION

アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア

州、ミルピタス、マッカーシー・ブルバ

ード、500

(72) 発明者 ジョージ・エイ・サリバ

アメリカ合衆国、01532 マサチューセッ

ツ州、ノースボロ、ハワード・ストリー

ト、109

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

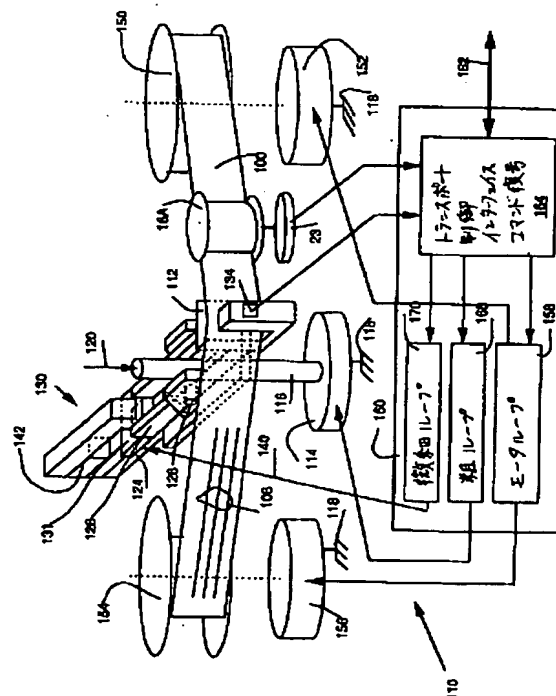
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録テープ、情報記憶媒体および磁気テープ記録再生システム

(57) 【要約】

【課題】 先行技術の限界および欠点を克服する態様で L T M の修正を可能にするテープ記録システムおよび光学サーボパターンを備えた記録テープを提供する。

【解決手段】 テープ基板の表主表面上に形成される磁気記憶媒体は複数の長さ方向のデータ記録および再生トラックを規定しており、各トラックは他のトラックに対して公称横方向位置を有する。予め定められた光学的に表わされたトラックサーボパターンがテープ (100) の裏主表面上に規定され、読出/書込ヘッドにわたってのテープの移動の際のトラックの公称横方向位置からのテープの横方向変位を示す。磁気記憶媒体を用いる磁気テープ記録および再生システムも開示される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1 スプールの磁気記録テープであって、2つの端縁を有し表主表面および裏主表面を規定する柔軟性のあるプラスチック基板材料の細長い連続したウェブと、

前記表主表面上に形成される磁気記憶媒体とを含み、前記磁気記憶媒体は複数の長さ方向のデータ記録および再生トラックを規定し、前記トラックの各々は他のトラックに対して公称横方向位置を有しており、前記磁気記録テープはさらに、

前記裏主表面に規定される予め定められた光学的に表わされたトラックサーボパターンを含み、前記パターンは読出／書込ヘッドにわたってのテープ移動の際の前記トラックの公称横方向位置からの前記テープの実際の横方向変位を示す、磁気記録テープ。

【請求項2】 半インチ幅の磁気記録テープと少なくとも1000個のトラックを含む前記複数のトラックとを含む、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項3】 前記光学的に表わされたトラックサーボパターンは前記テープの製造過程において付与される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項4】 前記光学パターンはプリント加工により形成される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項5】 前記光学パターンはエンボス加工により形成される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項6】 前記光学パターンはレーザビームによるパターンニング／アブレーションにより形成される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項7】 前記光学パターンは光反射材料を選択的に堆積することにより形成される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項8】 前記光学パターンは吸光材料を選択的に堆積することにより形成される、請求項1に記載の磁気記録テープ。

【請求項9】 情報記憶媒体であって、横方向に位置付け可能なマルチヘッド磁気読出／書込トランスデューサアセンブリによりアクセス可能な第1の表面と前記磁気読出／書込トランスデューサアセンブリに物理的に結合される光学サーボトランスデューサアセンブリによりアクセス可能な第2の表面とを有するリニア磁気テープ媒体と、

前記第1の表面上に規定される複数のリニアデータトラックとを含み、磁気データパターンの記憶のための各リニアトラックは、横方向ヘッドポジションによりそこに位置付けられ維持される前記磁気読出／書込トランスデューサのヘッドにより書込まれ、前記情報記憶媒体はさらに前記第2の表面上に規定され前記光学サーボトランスデューサにより読出され、サーボフィードバック信号を発生して前記テープ媒体が前記磁気読出／書込トランスデューサを横切って引かれる際に前記磁気読出／書込

トランスデューサによるトラックフォーロイングを助けるための複数のリニアに延在するサーボ特徴を含む、情報記憶媒体。

【請求項10】 磁気記録テープがドライブ内のテープ経路に沿って横切って移動する磁気ヘッド構造を介して、データを前記テープに記録し、かつデータを前記テープから読出するための磁気テープ記録および再生システムであって、前記磁気ヘッド構造は複数の線状テープトラック位置と位置を合わせるために前記テープ経路に沿ったテープ移動の方向に対して横向きに位置付け可能であり、

前記磁気記録テープは2つの端縁を有し表主表面および裏主表面を規定する柔軟性のあるプラスチック基板材料の細長い連続したウェブと、

前記表主表面上に形成される磁気記憶媒体とを含み、前記磁気記憶媒体は複数の長さ方向のデータ記録および再生トラックを規定し、前記トラックの各々は他のトラックに対して公称横方向位置を有しており、前記磁気記録テープはさらに前記裏主表面に規定される予め定められた光学的に表わされたトラックサーボパターンを含み、前記パターンは読出／書込ヘッドにわたってのテープ移動の際の前記トラックの公称横方向位置からの前記テープの実際の横方向変位を示しており、前記テープシステムは支持ベースと、

前記支持ベースに対して位置付け可能であり、かつ前記テープ経路に対して横方向に位置付け可能であるヘッドキャリッジと、

前記支持ベースに装着され、前記ヘッドキャリッジを前記テープ経路に対して横方向に移動して、前記ヘッドキャリッジを粗位置決め情報に従って複数のテープトラック位置のうちの選択される1つに位置付けるための粗位置決め手段と、

前記粗位置決め手段に装着され、前記磁気ヘッド構造を前記テープ経路に隣接して旋回可能に固定するための微細位置決め手段と、

前記位置信号に応答して修正信号を発生し前記修正信号を前記微細位置決め手段に印加して、前記データトラックのうちの特定の1つをたどるために前記磁気ヘッド構造を前記テープに対して横方向に微細位置付けするための微細位置制御ループとを含み、

前記磁気ヘッド構造は、光学的に表わされるトラックサーボパターンを感知し、位置信号を発生するための光学感知手段を含む、システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願への参照】この発明は、この仮特許出願と同日に出願された、発明者ジョージ・A・サリバ (George A. Saliba) による「デュアルアクチュエータ旋回式レバーテープヘッドポジションナ」(“Dual-Actuator Pivoting Lever Tape Head Positioner”) (クウォンタム

(Quantum) 事件番号Q98-1087-US1)と題された同一出願人に譲渡される同時係属の米国特許出願連続番号第_____号と関連しており、その開示はここに引用により援用される。

【0002】

【発明の分野】この発明は磁気テープ記録に関する。より特定的には、この発明は、テープがヘッドトランスデューサアセンブリにわたって長さ方向に引かれる際に、光学トラッキングサーボを用いて横方向テープ運動および横方向トラック運動を感知し修正するマルチチャンネル磁気テープ記録システムに関する。

【0003】

【発明の背景】デジタルテープ記録は未だに大量のデータを記憶するための実行可能な解決策である。従来、デジタル情報を磁気記録テープに記録するのに少なくとも2つのアプローチが用いられている。一方のアプローチでは、ユーザ情報を記録し、ユーザ情報を不連続の横向きのトラックから再生する回転するヘッド構造を通過してテープを移動させることを要する。対話式サーボシステムを用いてヘッド構造の回転とテープの移動とを同期させる。もう一つのアプローチでは、かなりのリニア速度において不回転ヘッドにわたってテープが引かれる。このアプローチは時に、リニア「ストリーミング」テープ記録および再生と呼ばれる。

【0004】すべての商業上実行可能な大容量記憶装置および媒体においてデータ記憶容量の増加および検索性能の向上が求められている。リニアテープ記録の場合、一般的な傾向として、半インチ(約1.27cm)幅のテープなど、予め定められた幅のテープ媒体上に数多くのリニアトラックを達成できるようにするため、記録ギャップおよびトラック幅が狭くされたマルチヘッドマルチチャンネル固定ヘッド構造に向かっている。テープ基板もまた、より薄くされつつあり、直径の小さいリールパッケージにおいてテープをより長くすることが可能になりつつある。

【0005】リニアテープ速度が比較的高速であり、テープ基板がますます薄くされ続けるため、テープをテープヘッド構造を通して正確な不変のリニア経路に沿って案内することは非常に困難となった。エラー現象の1つは「横方向テープ運動」または「LTM」として知られる。LTMはリニアテープ記録におけるトラッキングエラーの主な原因である。LTMトラッキングエラーを最小にするアプローチの1つは、「回転するテープ端縁ガイド」(“Rotating Tape Edge Guide”)と題された、その開示がここに引用により援用される、同一出願人に譲渡される米国特許第5,414,585号に記載されるタイプのようなマルチローラテープガイド構造を提供することである。このアプローチによりLTMに対する実行可能な「開ループ」解決策が提供されるが、磁気抵抗読出ヘッドなどの新しいヘッド技術および新しい保磁

力のより高い記録媒体の出現により、トラック幅は非常に小さくなり、テープ上にさらに多くのトラックを規定し得る。残念ながら、制限因子はLTMであり、あるトラック幅寸法およびトラック密度においては信頼性の高い性能をもたらすのに十分正確にテープをたどることができない。

【0006】LTMの修正の解決策の1つは、テープがユーザに達する前にテープ上に磁気サーボトラック(すなわち「サーボ書込」)を記録、または予め記録することであった。こうしたテープは当該技術においては「予めフォーマット化された」テープとして公知であり、テープに正確なサーボトラックを記録するステップには時間も費用もかかる。予めフォーマット化されたテープを用いたテープシステムの例は「複数の同時にアクセスされるトラックのうちのいずれかを用いるS字形トラック走査を有するデータトラック区域と交互配置された複数の間隔のおかれたサーボ区域を有する磁気テープのためのサーボおよびデータ形式」(“Servo and Data Format for Magnetic Tape Having Plural Spaced-Apart Servo Areas Interleaved with Data Track Areas Having Serpentine Track Scanning Using Any One of a Plurality of Number of Concurrently Accessed Tracks”)と題された米国特許第5,432,652号に挙げられる。別の例は、「データカートリッジテープドライブのためのトラックピッチエラー補償システム」(“Track Pitch Error Compensation System for Data Cartridge Tape Drives”)と題された米国特許第5,675,448号により提供される。

【0007】別個の磁気サーボトラックを設けるか、またはテープに記録される磁気ユーザデータトラック内にサーボ情報を埋込むかを一旦決めると、テープドライブに適当な粗位置/微細位置アクチュエータ機構を加えなければならない。ステッパモータ/音声コイルアクチュエータの一例が、「組合されたステッパモータおよび音声コイルヘッド位置決め装置」(“Combined Stepper Motor and Voice Coil Head Positioning Apparatus”)と題された米国特許第5,280,402号に挙げられる。

【0008】フロッピーディスク内にも光学サーボトラックが設けられている。フロッピーディスクおよび互換性のあるドライブの一例は「光学サーボシステムによりトラッキングエラー信号を発生するための方法および装置」(“Method and Apparatus for Generating Track Error Signals by Means of an Optical Servo System”)と題された米国特許第5,065,387号に挙げられており、その開示はここに引用により援用される。

【0009】これらの先行技術の方法およびアプローチはその意図された応用および用途においては有効であったが、媒体およびドライブ装置の改善および簡略化がな

されていなかった。したがって、公知の先行技術のアプローチの限界および欠点を克服するマルチトラックマルチチャネルデジタルストリーミングテープシステムの必要が今まで未解決のまま残されていた。

【0010】

【目的を伴う発明の概要】この発明の包括的な目的は、先行技術の限界および欠点を克服する態様でLTMの修正を可能にするテープ記録システムおよび光学サーボパターンを備えた記録テープを提供することである。

【0011】この発明の一局面によれば、リニア磁気テープ媒体は、横方向に位置付け可能なマルチヘッド磁気読出／書込トランスデューサアセンブリによりアクセス可能な第1の表面と、磁気読出／書込トランスデューサアセンブリに物理的に結合される光学サーボトランスデューサアセンブリによりアクセス可能な第2の表面とを有する。複数のリニアデータトラックが第1の表面上に規定される。各リニアトラックは、横方向ヘッドポジションによりそこに位置付けられ維持される前記磁気読出／書込トランスデューサのヘッドにより書込まれる磁気データパターンの記憶をもたす。複数のリニアに延在するサーボ特徴が第2の表面上に形成され、光学サーボトランスデューサにより読出され、光学サーボトランスデューサはサーボフィードバック信号を発生して、横方向テープ運動が存在する場合にテープ媒体がリニアに磁気読出／書込トランスデューサを横切って引かれるにつれ、磁気読出／書込トランスデューサによるトラックフォロイングを助ける。

【0012】この発明のこれらおよび他の目的、局面、利点および特徴は、添付の図面に関連して示される好ましい実施例の以下の詳細な説明を考慮することからより完全に理解されるであろう。

【0013】

【好ましい実施例の詳細な説明】初めに図1を参照して、磁気記録テープ100が繰出リールから巻取リール（図示せず）へテープドライブ機構110を通して矢印TPにより示される公称リニアテープ経路に沿って引かれるのが示される。テープ100は毎秒150インチ（約3.81m）などのかなりのリニア相対速度で移動させられる。この高速の相対速度と、テープ100がテープドライブ110の機械的テープガイドおよびヘッド要素と接触していることから、公称テープ経路TPに沿ってのテープ100のリニア運動の結果、ある望ましくない付加的なテープ運動が生じ、その主なものは横方向テープ運動（「LTM」）または矢印LTMにより示される公称テープ経路を横切る動きである。

【0014】上述のように、LTMを低減するための機械的なステップが知られているが、ある程度の高いリニアトラック密度および狭いトラック幅においては完全に開ループテープ機構に頼ることは実用的ではない。したがって、磁気記録テープ100は、プラスチック基板

（ベース膜）102と第1の主表面を被覆する磁気記憶層104とに加えて（図4（A））テープの裏主表面に見られるような態様で形成される光学サーボパターン106を含む（図4（B））。この発明の一局面によれば、光学サーボパターン106はプリント加工（printing）またはエンボス加工などによってテープ製造の過程で付与される。たとえば図4（B）および図5に示されるように、薄い透明保護層109が光学サーボパターン106の上に形成される。

【0015】テープ100は、磁気記憶層104に規定される複数のリニア磁気データ記憶トラック108を備える（図3）。したがって、テープドライブ機構110は、磁気データ記憶トラック108の全部ではなくいくつかを読出すように整列させられる複数の読出および書込ヘッド要素を有するマルチチャネル磁気ヘッド構造112を含む。書込要素は好ましくは薄膜磁気書込構造として実現され、読出要素は薄膜または磁気抵抗読出要素であってもよい。図2において、たとえば5つの磁気抵抗読出トランスデューサを含むヘッドアレイがヘッド構造112内に示される。5つのヘッドが示されているが、実際にはヘッド構造112内での書込および読出の双方には、現在10個または12個のヘッドが好まれている。図2に示されるヘッドの特定の構成では、テープ100の有効記録区域は複数のゾーンまたは帯の並列磁気記録トラック108に分割され、図2では2つのゾーン108Aおよび108Bが示されている。このため、この構成では、たとえば図2に示されるゾーン108Bなどの特定のゾーン内および各ゾーン内の公称トラックセット位置においてヘッド構造112およびヘッドアレイ136を粗く位置付けるヘッドポジションナ機構が必要となる。さらに、LTMを追うため、ヘッドポジションナ機構はLTMオフセットをトラッキングする非常に迅速なヘッド位置修正をもたさなければならない。一般的に、この要件は、光学サーボパターン106および光学サーボフィードバック制御138により修正されるヘッドポジションナ機構をもたすことにより満たされる。図2に表わされる例においてこの要件は、たとえば2つの帯の光学サーボパターン106Aおよび106Bをもたすことにより満たされる。

【0016】図1に示されるテープドライブ機構110は、たとえばインクリメンタルステップモータ114およびリードねじ116を含む横方向の粗ヘッドポジションナを含む。モータ114はベース118に装着され、リードねじ116はステップモータ114とジャーナル120との間でベース118に回転可能に装着されていてもよい。ステップモータ114がリードねじを回転させるにつれ、リードねじフォロアブロック122は、リードねじ116の回転方向に応じて限られた範囲の双方向横方向変位にわたってリードねじを追う。

【0017】ヘッド装着ブラットホームまたは構造12

4はヘッド装着ビーム構造またはアセンブリ126を支える。ヘッド装着ビーム126はピボットまたは支点128を含み、これによりビーム126はテーブル100の主な長さ方向軸（移動の方向）に対して横方向または横切る方向で非常に限られた範囲の回転変位にわたってブラットホーム124について旋回できる。ピボット128の一方の側に延在する音声コイルモータ130によって限られた変位力がもたらされ、ヘッド構造112およびヘッドアレイ136を含む磁気／光学テーブルヘッドアセンブリ132はピボット128の反対の側に設けられる。磁気／光学テーブルヘッドアセンブリ132はほぼU字形であり、一方の内壁にマルチチャネル磁気トランスデューサヘッドアレイ112を含み、反対側の内壁に光学サーボヘッド134を含む。このように、粗ヘッドポジションはヘッドアセンブリ132を各ゾーンと、ある特定のゾーン内の各トラックセットとにおいて位置付ける。各トラックセットに対して1つの光学サーボトラックパターンが設けられているため、光学サーボヘッドがリニアテーブル運動の際に適切なトラックパターンをたどると、磁気ヘッドアレイ136はその特定のトラックセットのトラック108をたどることになる。

【0018】繰出リール150はテーブル100を機構110の中へ供給する。リール150は好ましくは、適当なバックリング機構を含むシングルリールテーブルカートリッジの一部である。カートリッジおよびバックリング機構は従来のものであり、さらに説明しない。リール150は繰出リール駆動モータ152と回転可能に係合する。トランスポート110内の巻取リール154は巻取リール駆動モータ156により制御される。モータ152および156は別々にモータ制御サーボループ158により制御され、どの特定の時点においてもリール150および154上に形成されるテーブルスプールの相対的直径に関係なく、適当な量の張力をテーブル100に与えるようにする。テーブルガイドローラ16Aは回転速度計23のようなテーブル速度感知装置に結合しているのが示される。回転速度計23は、従来、モータ150および152の各々により付与される相対的なトルクを制御する上でモータ制御ループ158により用いられる。

【0019】トランスポート電子回路160はデータおよびコマンドインターフェイスバス162を含み、これによりトランスポート110を計算機環境に接続できるようにする。インターフェイスコマンド復号およびユーザデータ処理ユニット164は、従来のテーブルコマンド復号および状態機能と、ユーザデータ圧縮および伸張機能とエラー修正プロセスとをもたらし、インターフェイスコマンド復号およびユーザデータ処理ユニット164はまた、モータループ158、粗ヘッド位置制御ループ168および微細ヘッド位置制御ループ170を監視する。粗ヘッド位置制御ループ168は、ステップモータ114を制御して公称トラックセット位置の各々におい

てヘッド構造112を位置付けるように用いられる。トランスポート110がたとえば6個から12個のチャネルなど、複数の並列ユーザデータチャネルを含み、公称粗ヘッド位置の各々が6個から12個のトラックのほぼ各セットにおいてヘッド構造112を位置付けることを理解すべきである。微細ヘッド位置制御ループ170は、現在たどっている線状トラックのセットまたは群に対応するサーボトラックパターン106のうちの1つからたとえば光学ピックアップヘッド134により感知される瞬時テーブル位置情報に応答する。光学ヘッド134により何らかの位置オフセットまたは位置エラーが感知されると、音声コイルモータ130の音声コイル131を通過する修正駆動電流が生じる。この電流は旋回するデュアルビーム構造126にトルク力を与え、ヘッド構造112は光学ヘッド134が特定のサーボトラックパターン106をたどるにつれてたどっている磁気データ記録テーブルトラックと正しく整列するよう戻される。

【0020】光学サーボトラックパターン106は連続したまたは不連続の位置エラー信号をもたらしてもよい。各トラックは一意の値またはコードで符号化され、これによりどの公称サーボトラック106をたどっているのかを光学ヘッドおよび主制御モジュール164が判定できるようにしてもよい。有利には、サーボトラックパターン106はテーブル製造プロセスの一貫として形成されてもよく、この結果、テーブル製造の一貫として別個の磁気サーボトラック書込動作は必要ではなくなる。従来のレーザインスクライブ（laser inscribing）、エンボス加工、またはバターンニング技術をテーブル製造の間リアルタイムで用いてトラック106をもたらしてもよい。

【0021】図2に示されるように、光学サーボヘッド134は従来、レーザ光源135と、レンズおよびビームスプリッタ139を含む光路137と、光検出器アレイ141と、前置増幅器143とを含み、光ビームをテーブルの裏の主な側面上のサーボパターン106のうちの特定の1つに集束させ、前置増幅器143において電子的に認識可能なLTM位置エラー信号を生じるようにしてもよい。経路145上の生じた電気エラー信号は制御電子部品160内の光学サーボフィードバック微細ループ制御ブロック170に送られる。ブロック170は双方向ヘッド位置修正駆動電流を生成して、その駆動電流を経路140を介して音声コイルモータ130の横方向音声コイル131に印加し、この結果サーボバイアストルクが生じる。バイアストルクは支持構造124およびヘッド装着ビーム構造126を通して付与され、磁気／光学ヘッドアセンブリ132をジャーナル128について旋回させ、それによってLTMの存在にかかわらずテーブル100をたどるようにする。理想的には、微細位置サーボフィードバック制御ブロック170はリアルタイムで連続して動作し、音声コイルモータ130の横方向

音声コイルにヘッド位置修正電流を印加する。微細位置サーボループは高い帯域幅を有し、音声コイル131およびヘッド構造132を含むビームアセンブリ126の質量は低いため、位置修正は非常に迅速に適用され効果を奏していかなるトラッキングエラーをも最小にする。

【0022】音声コイルモータ130は、音声コイル131に加えて、たとえば適当に磁化した永久磁石を担持する固定部分142を含む。固定部分142は適当な支持バーによりリードねじフォロアブラットホーム122に機械的に装着される。音声コイル131は微細位置サーボフィードバック制御ブロック170から経路140にわたってヘッド位置修正電流を受け、磁界を作り出し、この磁界は固定部分142の永久磁石によりもたらされる磁界と動的に相互に作用して、微細位置修正力が生じ、これが硬いビーム構造126を横方向に増分的に旋回させてLTMを修正するようにする。音声コイルアクチュエータモータ130は永久磁石/コイル組合せを含んでいてもよく、または圧電効果起動装置を含んでいてもよい。ヘッド装着構造ピボット128はバー124に対して自由に回転可能であってもよく、ヘッド装着構造126は機械的に中立位置に偏らせられ、その偏りは横方向音声コイルアクチュエータ130により付与される回転力により克服される。代わりに、ピボット128はバー124に固定されていてもよく、その際バー124はねじりバーとして機能し、音声コイルモータ130により付与される駆動力にตอบสนองしてヘッド装着構造126の範囲の限られた横方向変位を可能にする。

【0023】光学サーボヘッドは適当な構成の光源および光検出器アレイと適当な集積化されたオンボード増幅器とを含んでいてもよい。従来の光学ヘッドの一例はベルザー（Belser）への「エンボス加工されたヘッダ形式を有する2レベル光学媒体」（“Bi-Level Optical Media Having Embossed Header Format”）と題された米国特許第5,615,205号に記載され、その開示はここに引用により援用される。代わりの好ましい光学ヘッドは、ここにその開示が引用により援用される「CDプレイヤーの薄い光学ピックアップヘッドのためのレーザ検知器ホログラムユニット」（“Laser-Detector-Hologram Unit for Thin Optical Pick-up Head of a CD Player,” IEEE Trans. on Components, Packaging & Mfg. Tech., part B, Vol. 18, No. 2, 1995年5月, pp. 245-249）と題されたヨシカワ、ナカニシ、イトウ、ヤマザキ、コミノおよびムシャ（Yoshikawa, Nakanishi, Itoh, Yamazaki, Komino, Musha）による論文に記載されるものに類似していてもよい。

【0024】次に図6を参照して、サーボパターンの好ましい一例は線状反射区域202を含む。この例において、2つの光検出器204および206は線状反射区域202の対向する端縁をたどるよう整列させられる。光検出器204は電気信号S1を出す、光検出器206

は電気信号S2を出す。図7には、予め定められた基準レベルに関連して、図6のパターンを利用する制御プロセスが説明される。第1のステップ210において、プロセスによりサーボ信号S1が基準レベルより上であるかどうかを判定する。基準レベルより上である場合、プロセスステップ212において微細ポジションはヘッド構造126を下方向へ移動させる。基準レベルより上ではない場合、またはプロセスステップ212の後には、論理ステップ214においてサーボ信号S2が基準レベルより上であるかどうかを判定する。基準レベルより上である場合、プロセスステップ216においてヘッド構造126が上方向に移動させられ、最初のステップ210に戻る。基準レベルより上ではない場合、プロセスステップ218においてヘッド構造126がデータトラックセットと正しく整列しているかどうかを判定し、最初のプロセスステップ210へ戻る。簡略化されてはいるが、図7のこのプロセスはリアルタイムで続けられ、適当な減衰を含んでいるため、制御ループは安定に保たれる。

【0025】図8（A）には別の反射サーボパターンが示される。この例では、たとえば5つのトラックセットゾーン106A、106B、106C、106Dおよび106Eが存在する。ゾーン106Bのためのパターンなど、各サーボパターンは、正三角形などの長さ方向に配置される幾何学的反射区域を含み、これらは等間隔に配置される。図8（B）に示されるように、パターンの発生の期間に対する反射光の間隔はテープの横方向位置を判定しLTMを修正するのに用いられる。たとえば、トラックセットAの反射間隔T1はパターンの期間に対して短く、トラックセットBの反射間隔はこれよりかなり長く、パターンの期間に近づく。図9には、図8

（A）のパターンを用いてヘッド構造126のサーボ制御を実現する制御プロセスが提示される。図9のプロセスでは、論理ステップ220において公称トラックセット位置に対して反射パターン持続時間が予想されるより短いかどうかを判定する。予想されるより短い場合、プロセスステップ222においてヘッド構造126がテープ100に対してたとえば下方向に移動させられる。予想されるより短くない場合、またはプロセスステップ222の後には、論理ステップ224において特定のトラックセット位置に対して反射パターン持続時間が予想されるより長いかどうかを判定する。予想されるより長い場合、プロセスステップ226においてヘッド構造126がたとえば上方向に移動させられ、そこでステップ220へ戻る。予想されるより長くない場合、プロセスステップ228においてヘッド構造126が公称トラックセット位置を正しくたどっていると判定し、そこでステップ220に戻る。図7のプロセスと同様に、図9のプロセスは連続して動作して機構110を通るテープ100のリニア運動の間に閉ループ微細位置決めをもたらす。

【0026】図10では、各トラックセット位置のためのさらに別の反射サーボパターンが示される。この特定のパターンにおいて、連続したリニア反射区域は対向する主な端縁に沿った2つの周期的横方向反射パターンを有する。図11に示されるように、一方の周期的パターン01は比較的低周波の電気サーボ信号をもたらし、他方の周期的パターン03は比較的高周波の電気サーボ信号をもたらす。連続したオントラックパターン02は周期成分を有さない。図12には、図10のパターンを利用する制御プロセスが示される。第1の論理ステップ230においてサーボ信号に反復パルスが存在するかどうかを判定する。存在しない場合、プロセスステップ232においてヘッド構造126が公称トラックセットを正しくたどっていると判定され、そこでステップ230へ戻る。サーボ信号に反復パルスが存在する場合、論理ステップ234において、たとえば高周波パターンが存在するかどうかを判定する。存在しない場合、プロセスステップ236において低周波パターンが存在すると暗に判断してヘッド構造126をたとえば下方向に移動させ、そこで最初のステップ230へ戻る。高周波パターンが存在する場合、プロセスステップ238においてヘッド構造126を上方向に移動させて、次に最初のプロセスステップ230へ戻る。

【0027】光学サーボパターンはまた、光エネルギーの回折特性を利用して反射順序が重なり合った反射パターンを作り出すようにしてもよい。回折が用いられる場合、パターン制約は結果生じる回折反射パターンと両立できるように選択される。

【0028】この発明の方法および装置は磁気テープ記録における例示的な実施例および応用例により要約され説明されているが、当業者には数多くの幅広いさまざまな実施例および応用例がこの発明の教示および範囲に含まれ、ここに提示される例は例示のみによるものであり、上記の特許請求の範囲により特定的に呈示されるこの発明の範囲を限定するものとみなすべきではないことが容易に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の原理による、横方向テープ運動を感知し修正するために光学トラッキングサーボを用いるマルチチャネル磁気テープ記録システムの構造および電気等角概略ブロック図である。

【図2】図1のテープ記録システムにより用いられる磁気/光学ヘッドアセンブリの拡大立面および断面概略図である。

【図3】複数のリニア記録トラックを示す、この発明の原理を組込んだ、記録テープの第1の主表面の立面概略図である。

【図4】従来の磁気記録テープの側面断面概略図(A)と、この発明の原理による、光学サーボパターンをもたらす第2の主表面とともに磁気記録媒体をもたらす第1

の主表面を示す、図3の新しい記録テープの側面断面概略図(B)である。

【図5】図4(B)の記録テープのさまざまな層を累進的に除去したものを示す拡大正面概略図である。

【図6】図4(B)の記録テープの第2の主表面上に一连のリニア光学反射サーボトラックとして形成される一つの光学サーボパターンの立面概略図である。

【図7】図1のシステムのテープ動作の際にヘッドが横方向テープ運動を追うことができるように図6のサーボパターンを用いる光学トラッキングサーボの動作を説明するための流れ図である。

【図8】図4(B)の記録テープの第2の主表面上に形成される別の光学サーボパターンの概略立面図(A)と、図8(A)に示されるリニアサーボパターンのうちの1つの感知の際に図1のアセンブリの光学サーボヘッドにより発生する電気サーボ信号のグラフ図(B)である。

【図9】図1のシステムのテープ動作の際にヘッドが横方向テープ運動を追うことができるように図8(A)のサーボパターンを用いる光学トラッキングサーボの動作を説明するための流れ図である。

【図10】図4(B)の記録テープの第2の主表面上に形成される別の光学サーボパターンの概略立面図である。

【図11】テープ動作の際にリニアトラックにわたっての図10のパターンの感知の際に図1のアセンブリの光学サーボヘッドにより発生する電気サーボ信号のグラフ図である。

【図12】図1のシステムのテープ動作の際にヘッドが横方向テープ運動を追うことができるように図10のサーボパターンを用いる光学トラッキングサーボの動作を説明するための流れ図である。

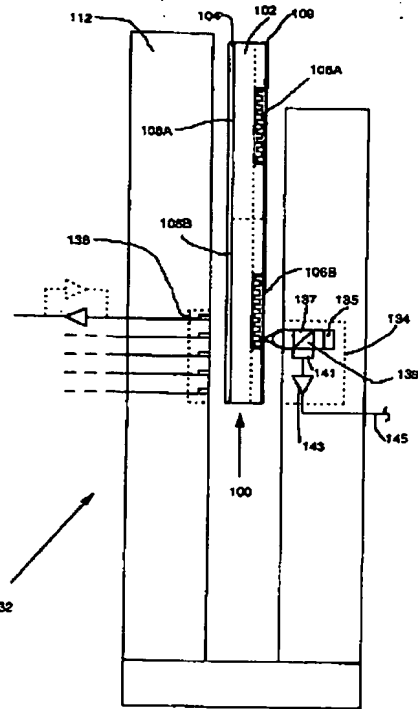
【符号の説明】

23 回転速度計、100 磁気記録テープ、102 プラスチック基板、104 磁気記憶層、106 光学サーボパターン、108 磁気データ記憶トラック、109 薄い透明保護層、110 テープドライブ機構、112 マルチチャネル磁気ヘッド構造、114 ステップモータ、116 リードねじ、118 ベース、120 ジャーナル、122 リードねじフォロアブロック、124 ヘッド装着ブラットホームまたは構造、126 ヘッド装着ビーム構造またはアセンブリ、128 ビボット、130 音声コイルモータ、131 音声コイル、132 磁気/光学テープヘッドアセンブリ、134 光学サーボヘッド、135 レーザ光源、136 ヘッドアレイ、137 光路、138 光学サーボフィードバック制御、139 ビームスプリッタ、140 経路、141 光検出器アレイ、142 固定部分、143 前置増幅器、145 経路、150 繰出リール、152 繰出リール駆動モータ、154 巻取リール

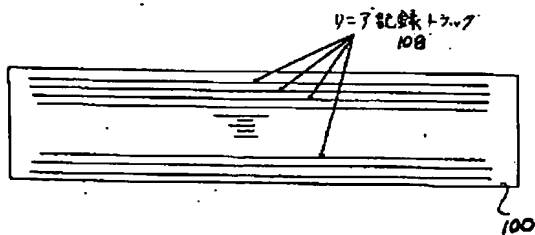
14

* 理ユニット、168 粗ヘッド位置制御ループ、170
微細ヘッド位置制御ループ、202 線状反射区域、
204、206 光検出器。

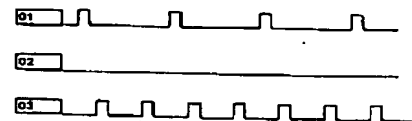
【圖2】



132



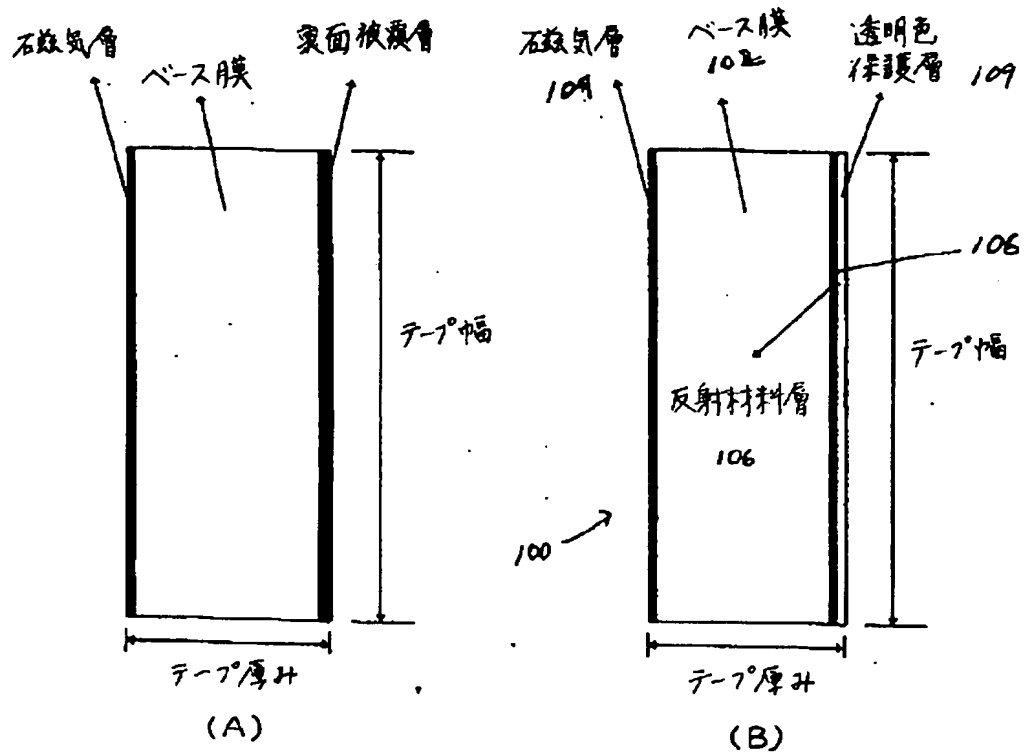
【図 1 1】



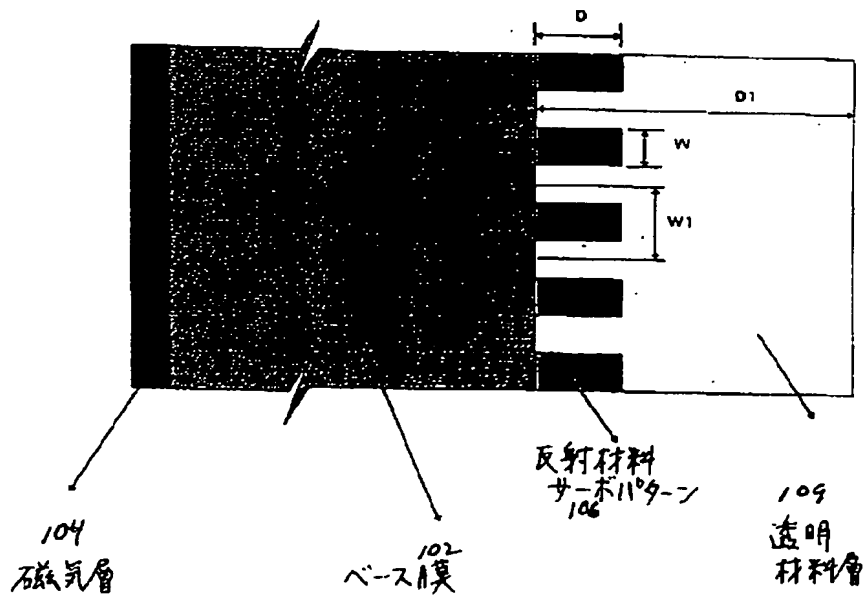
炭素回路の出力

31 204 202
 106 82
 0
 0

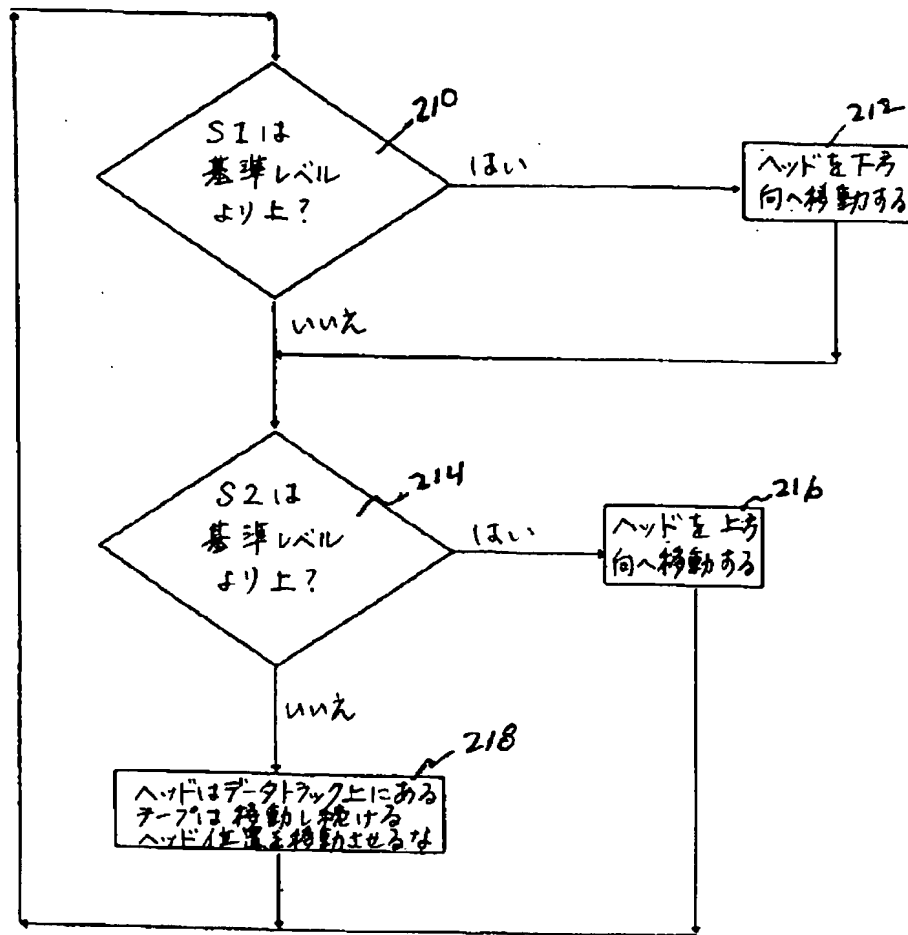
【図4】



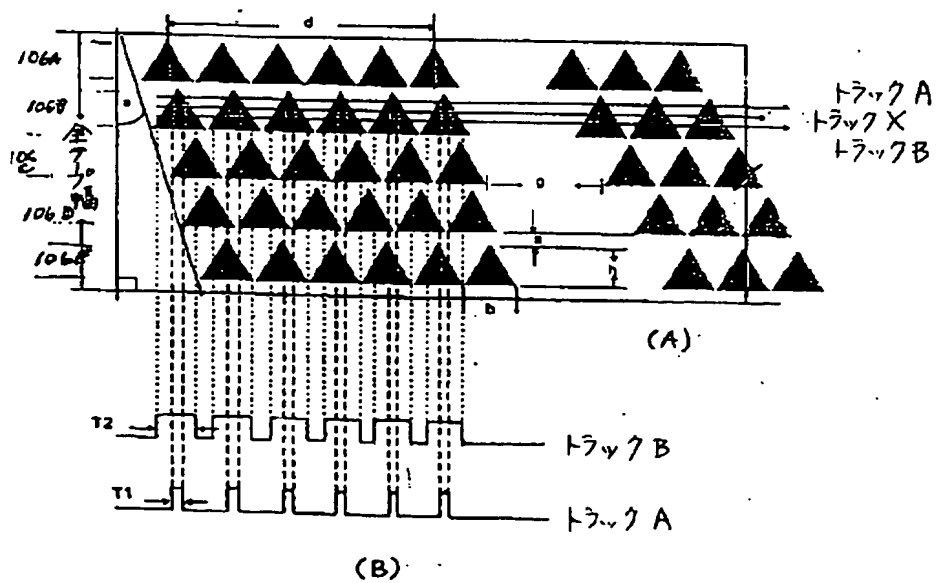
【図5】



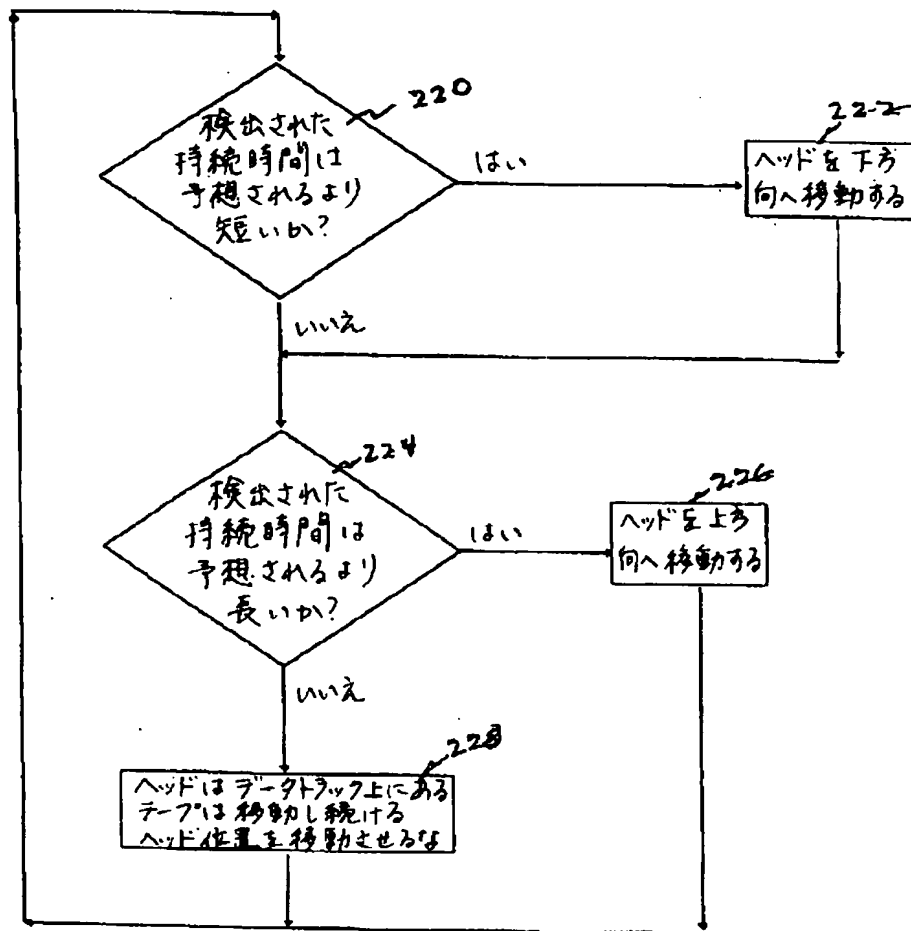
【図7】



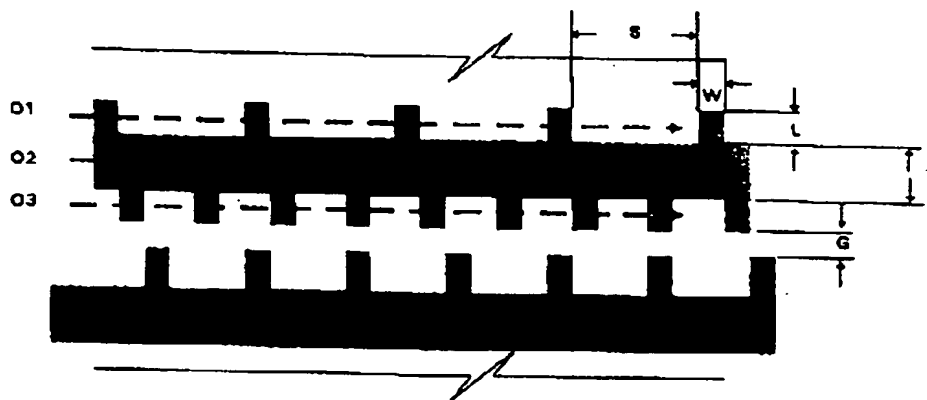
【図8】



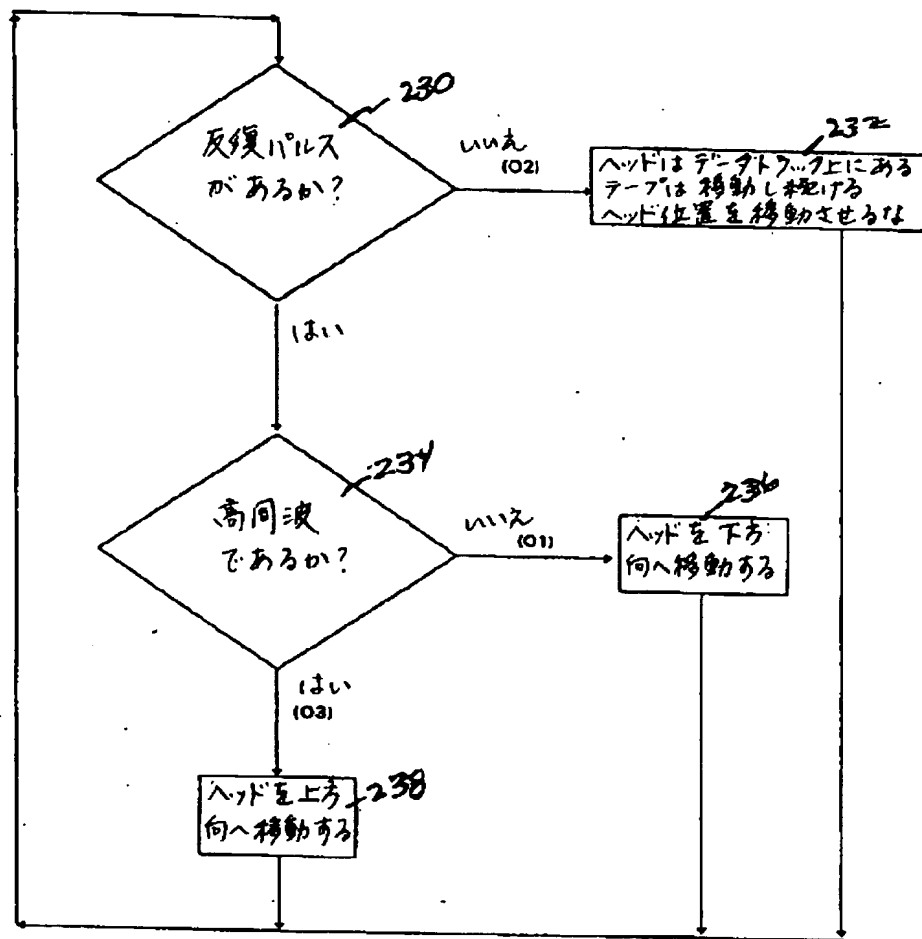
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 サティア・エイ・マリック
アメリカ合衆国、01757 マサチューセッ
ツ州、ミルフォード、ジェンクス・ロー
ド、19

(72)発明者 チャン・キム
アメリカ合衆国、01746 マサチューセッ
ツ州、ホーリントン、ハイランド・ストリ
ート、757

(72)発明者 キャロル・タージオン
アメリカ合衆国、02038 マサチューセッ
ツ州、フランクリン、マーサズ・ウェイ、
15

(72)発明者 レオ・カバビアンカ
アメリカ合衆国、01604 マサチューセッ
ツ州、ウスター、ブリスウッド・アベニ
ュ、31-1104

(72)発明者 ルイス・クロニス
アメリカ合衆国、01756 マサチューセッ
ツ州、メンドン、コロニアル・ドライブ、
24

【外国語明細書】

1. Title of Invention

MAGNETIC RECORDING TAPE, AN INFORMATION STORAGE MEDIUM, AND A MAGNETIC TAPE RECORDING AND PLAYBACK SYSTEM

2. Claims

1. A spool of magnetic recording tape comprising:
an elongated continuous web of flexible plastic substrate material having two edges and defining a front major surface and a back major surface,
a magnetic storage medium formed on the front major surface, the magnetic storage medium for defining a multiplicity of longitudinal data recording and playback tracks, each said track having a nominal lateral location relative to the other tracks,
a predetermined optically manifested track servo pattern defined on the back major surface, the pattern for indicating actual lateral displacement of the tape away from a nominal lateral location of a said track during tape movement across a read/write head.
2. The magnetic recording tape set forth in claim 1 comprising one half inch width magnetic recording tape and the multiplicity of tracks comprising at least 1000 tracks.
3. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optically manifested track servo pattern is applied during manufacture of the tape.
4. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optical pattern is formed by printing.
5. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optical pattern is formed by embossing.
6. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optical pattern is formed by patterning/ablation by a laser beam.
7. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optical pattern is formed by selective deposition of light-reflective material.
8. The magnetic recording tape set forth in claim 1 wherein the optical pattern is formed by selective deposition of light-absorptive material.
9. An information storage medium comprising:

a linear magnetic tape medium having a first surface accessible by a laterally positionable, multi-head magnetic read/write transducer assembly, and a second surface accessible by an optical servo transducer assembly physically coupled to the magnetic read/write transducer assembly,

a multiplicity of linear data tracks defined on the first surface, each linear track for storage of magnetic data patterns written by a head of said magnetic read/write transducer positioned and maintained thereat by a lateral head positioner,

a multiplicity of linearly extending servo features defined on the second surface and read by the optical servo transducer for generating a servo feedback signal to aid track following by the magnetic read/write transducer as the tape medium is drawn there across.

10. A magnetic tape recording and playback system for recording data onto a magnetic recording tape, and reading data from the tape, via a magnetic head structure across which the tape is moving along a tape path within the drive, wherein the magnetic head structure is positionable transversely relative to the direction of tape travel along the tape path in order to register with a multiplicity of linear tape track positions,

the magnetic recording tape comprising:

an elongated continuous web of flexible plastic substrate material having two edges and defining a front major surface and a back major surface,

a magnetic storage medium formed on the front major surface, the magnetic storage medium for defining a multiplicity of longitudinal data recording and playback tracks, each said track having a nominal lateral location relative to the other tracks, and

a predetermined optically manifested track servo pattern defined on the back major surface, the pattern for indicating actual lateral displacement of the tape away from a nominal lateral location of a said track during tape movement across a read/write head; and,

the tape system comprising:

a support base,

a head carriage positionable relative to the support base and laterally relative to the tape path,

coarse positioning means mounted to the support base for moving the head carriage laterally relative to the tape path to position the head carriage at a

selected one of multiple tape track positions in accordance with coarse positioning information,

fine positioning means mounted to the coarse positioning means for pivotally securing the magnetic head structure adjacent to the tape path,

the magnetic head structure including optical sensing means for sensing the optically manifested track servo pattern and for producing a position signal, and

a fine position control loop responsive to the position signal for generating and applying a correction signal to the fine positioning means to fine position the magnetic head structure laterally relative to the tape in order to follow particular ones of the data tracks.

3. Detailed Description of Invention

Reference to Related Application

The present invention is related to commonly assigned, copending U.S. Patent Application Serial No. _____, filed on the same day as this provisional patent application for: "Dual-Actuator Pivoting Lever Tape Head Positioner", George A. Saliba, Inventor, (Quantum Docket No. Q98-1087-US1), the disclosure thereof being incorporated herein by reference.

Field of the Invention

The present invention relates to magnetic tape recording. More particularly, the present invention relates to a multi-channel magnetic tape recording system employing an optical tracking servo to sense and correct for lateral tape motion, and lateral track motion, as the tape is drawn longitudinally across a head transducer assembly.

Background of the Invention

Digital tape recording remains a viable solution for storage of massive amounts of data. Conventionally, at least two approaches are employed for recording of digital information onto magnetic recording tape. One approach calls for moving the tape past a rotating head structure which records and plays back user information from discontinuous transverse tracks. Interactive servo systems are employed to synchronize rotation of the head structure with travel of the tape. Another approach is to draw the tape across a non-rotating head at a considerable linear velocity. This approach is sometimes referred to as linear "streaming" tape recording and playback.

Increased data storage capacity, and retrieval performance, is being required of all commercially viable mass storage devices and media. In the case of linear tape recording a popular trend is toward multi-head, multi-channel

fixed head structures with narrowed recording gaps and track widths so that many linear tracks may be achieved on a tape medium of predetermined width, such as one-half inch width tape. Tape substrates are also being made thinner, with increased tape lengths being made possible in small diameter reel packages.

Because of a relatively high linear tape velocity, and because tape substrates continue to be made thinner and thinner, guiding tape past a tape head structure along an accurate invariant linear path has proven to be highly problematical. One error phenomena is known as "lateral tape motion" or "LTM". LTM is a major source of tracking errors in linear tape recording. One approach to minimizing LTM tracking errors is to provide a multi-roller tape guide structure, such as the type described in commonly assigned U.S. Patent No. 5,414,585 entitled: "Rotating Tape Edge Guide", the disclosure thereof being incorporated herein by reference. While this approach has provided a viable "open loop" solution to LTM, with the advent of new head technologies, such as magneto-resistive read heads, and new higher coercivity recording media, track widths may be very small, and many additional tracks may be defined on the tape. Unfortunately, a limiting factor is LTM, and at some track width dimension and track density, it is not possible to follow the tape accurately enough to provide reliable performance.

One solution to correction for LTM has been to record or pre-record magnetic servo tracks (i.e. "servowrite") onto the tape before it reaches the user. These tapes are known in the art as "preformatted" tapes, and the step of recording accurate servo tracks onto the tape is both time consuming and expensive. Examples of tape systems employing preformatted tapes are given by U.S. Patent No. 5,432,652 entitled: "Servo and Data Format for Magnetic Tape Having Plural Spaced-Apart Servo Areas Interleaved with Data Track Areas Having Serpentine Track Scanning Using Any One of a Plurality of Number of Concurrently Accessed Tracks." Another example is provided by U.S. Patent No. 5,675,448 entitled: "Track Pitch Error Compensation System for Data Cartridge Tape Drives".

Once the decision has been made to provide separate magnetic servo tracks or to embed servo information within the magnetic user data tracks recorded onto the tape, a suitable coarse position/fine position actuator mechanism must be added to the tape drive. One example of a stepper motor/voice coil actuator is provided by U.S. Patent No. 5,280,402 entitled: "Combined Stepper Motor and Voice Coil Head Positioning Apparatus".

Optical servo tracks have been provided within floppy disks. One example of a floppy disk and compatible drive is given in U.S. Patent No. 5,065,387 entitled: "Method and Apparatus for Generating Tracking Error Signals by Means of an Optical Servo System", the disclosure thereof being incorporated herein by reference.

While these prior methods and approaches have worked within their intended applications and uses, improvements and simplifications in the medium and drive apparatus have been lacking. Accordingly, a hitherto unsolved need has remained for a multi-track, multi-channel digital streaming tape system which overcomes limitations and drawbacks of the known prior approaches.

Summary of the Invention with Objects

A general object of the present invention is to provide a tape recording system and recording tape with an optical servo pattern to enable correction of LTM in a manner overcoming limitations and drawbacks of the prior art.

In accordance with one aspect of the present invention a linear magnetic tape medium has a first surface accessible by a laterally positionable, multi-head magnetic read/write transducer assembly, and a second surface accessible by an optical servo transducer assembly physically coupled to the magnetic read/write transducer assembly. A multiplicity of linear data tracks are defined on the first surface. Each linear track provides storage of magnetic data patterns written by a head of said magnetic read/write transducer positioned and maintained thereat by a lateral head positioner. A multiplicity of linearly extending servo features are formed on the second surface and are read by the optical servo transducer which generates a servo feedback signal to aid track following in the presence of lateral tape motion by the magnetic read/write transducer as the tape medium is drawn linearly there across.

These and other objects, aspects, advantages and features of the invention will be more fully understood and appreciated upon considering the following detailed description of a preferred embodiment presented in conjunction with the accompanying drawings.

Detailed Description of a Preferred Embodiment

Referring initially to Fig. 1, a magnetic recording tape 100 is shown being drawn through a tape drive mechanism 110 from a supply reel to a take-up reel (not shown) along a nominal linear tape path indicated by arrow TP. The tape 100 is moved at a considerable linear relative velocity, such as 150 inches per second. Because of this high relative velocity and contact between the tape 100

and mechanical tape guide and head elements of the tape drive 110, the linear movement of the tape 100 along the nominal tape path TP results in certain undesirable additional tape movements, a principal one of which being lateral tape motion ("LTM") or motion transverse to the nominal tape path as indicated by arrow LTM.

As discussed above, although mechanical steps are known to reduce LTM, at certain high linear track densities and narrow track widths it is not practical to rely entirely upon open loop tape mechanisms. Accordingly, the magnetic recording tape 100 includes, in addition to a plastic substrate (base film) 102 and a magnetic storage layer 104 coated onto a first major surface (Fig.4A), an optical servo pattern 106 formed so as to be viewed at a reverse major surface of the tape (Fig.4B). In accordance with an aspect of the present invention, the optical servo pattern 106 is applied during tape manufacturing, as by printing or embossing. A thin transparent protective layer 109 is formed over the optical servo pattern 106 as shown in Fig.4B and Fig. 5, for example.

The tape 100 provides for multiple linear magnetic data storage tracks 108 defined in the magnetic storage layer 104 (Fig. 3). Accordingly, the tape drive mechanism 110 includes a multi-channel magnetic head structure 112 having multiple read and write head elements aligned to read some, but not all of the magnetic data storage tracks 108. The write elements are preferably realized as thin film magnetic write structures, and the read elements may be thin film or magneto-resistive read elements. In Fig. 2, a head array comprising e.g. five magneto-resistive read transducers is depicted within the head structure 112. While five heads are shown, in practice ten or twelve heads are presently preferred for both writing and reading within the head structure 112. With the particular arrangement of heads shown in Fig. 2, the effective recording area of the tape 100 is divided into multiple zones or bands of parallel magnetic recording tracks 108, there being two zones 108A, and 108B shown in Fig. 2. This arrangement therefore requires a head positioner mechanism which coarsely positions the head structure 112 and head array 136 within a particular zone, e.g. zone 108B shown in Fig. 2, and at nominal track set positions within each zone. Moreover, in order to follow LTM, the head positioner mechanism must provide for very rapid head position corrections tracking the LTM offsets. Generally, this requirement is satisfied by providing a head positioner mechanism which is corrected by an optical servo pattern 106 and by an optical servo feedback control 138. In the example presented by Fig. 2 this requirement is satisfied by providing e.g. two bands of optical servo patterns 106A and 106B.

The tape drive mechanism 110 shown in Fig. 1 includes a lateral coarse head positioner, including e.g. an incremental step motor 114 and lead screw 116.

The motor 114 is attached to a base 118, while the lead screw 116 may be rotationally mounted to the base 118 between the step motor 114 and a journal 120. As the step motor 114 rotates the lead screw, a lead screw follower block 122 follows the lead screw over a limited range of bi-directional lateral displacement dependent upon rotational direction of lead screw 116.

A head mounting platform or structure 124 supports a head mounting beam structure or assembly 126. The head mounting beam 126 includes a pivot or fulcrum 128 which enables the beam 126 to pivot about the platform 124 over a very limited range of rotational displacement in a lateral or transverse direction relative to a main longitudinal axis (direction of travel) of tape 100. A limited displacement force is provided by a voice coil motor 130 extending on one side of the pivot 128, while a magnetic/optical tape head assembly 132 including the head structure 112 and head array 136 is provided on an opposite side of the pivot 128. The magnetic/optical tape head assembly 132 is generally U-shaped and includes on one inside wall the multi-channel magnetic transducer head array 112, and on an opposite inside wall an optical servo head 134. The coarse head positioner therefore positions the head assembly 132 at each zone, and at each track set within the particular zone. For each track set there is provided an optical servo tracking pattern, so that if the optical servo head follows the appropriate tracking pattern during linear tape movement, the magnetic head array 136 will follow the tracks 108 of the particular track set.

A supply reel 150 supplies the tape 100 into the mechanism 110. The reel 150 is preferably a part of a single-reel tape cartridge which includes a suitable buckling mechanism. The cartridge and buckling mechanism are conventional and are not described further. The reel 150 is rotationally engaged by a supply reel drive motor 152. A take-up reel 154 within the transport 110 is controlled by a take-up reel drive motor 156. The motors 152 and 156 are controlled independently by a motors control servo loop 158 in order to provide an appropriate amount of tension on the tape 100 irrespective of the relative diameters of the tape spools formed on the reels 150 and 154 at any particular time. A tape guide roller 16A is shown coupled to a tape speed sensing device, such as tachometer 23. The tachometer 23 is used conventionally by the motors control loop 158 in controlling relative torque applied by each of the motors 150 and 152.

A transport electronics circuit 160 includes a data and command interface bus 162 enabling the transport 110 to be connected to a computing environment. An interface command decode and user data processing unit 164 provides conventional tape command decode and status functions, and user data compression and expansion functions as well as error correction processes. It also supervises the motors loop 158, a coarse head position control loop 168 and a fine head position control loop 170. The coarse head position control loop 168 is used to control the stepper motor 114 to position the head structure 112 at each nominal track set location. It should be understood that the transport 110 includes a plurality of parallel user data channels, such as 6-12 channels, and that each nominal coarse head position locates the head structure 112 at approximately each set of 6-12 tracks. The fine head position control loop 170 responds to instantaneous tape position information sensed by e.g. the optical pickup head 134 from one of the servo track patterns 106 which corresponds to the set or group of lineal tracks presently being followed. Any positional offset or position error sensed by the optical head 134 will result in a corrective driving current passing through a voice coil 131 of the voice coil motor 130. This current will apply a torque force to the pivoting dual beam structure 126, and the head structure 112 will be returned to correct alignment with the magnetic data record tape tracks being followed as the optical head 134 follows a particular servo track pattern 106.

The optical servo track patterns 106 may provide continuous or discrete position error signals. Each track may be encoded with a unique value or code which enables the optical head and main control module 164 to determine which nominal servo track 106 is being followed. Advantageously, the servo track patterns 106 may be formed as a part of the tape manufacturing process, with the result that there need be no separate magnetic servo track writing operation as part of tape manufacturing. Conventional laser inscribing, embossing or patterning techniques may be used in real time during tape manufacture to provide the tracks 106.

As shown in Fig. 2, the optical servo head 134 may conventionally include a laser light source 135, an optical path 137 including lenses and a beam splitter 139, and a photo detector array 141 and preamplifier 143, such that a light beam

may be focused upon a particular one of the servo patterns 106 on the reverse major side of the tape and result in electronically discernible LTM position error signals at the preamplifier 143. A resultant electrical error signal on a path 145 is sent to the optical servo feedback fine loop control block 170 within the control electronics 160. The block 170 generates a bi-directional head position correction driving current and applies the driving current via a path 140 to the lateral voice coil 131 of voice coil motor 130 which results in a servo bias torque. The bias torque is applied through the support structure 124 and head mounting beam structure 126 to pivot the magnetic/optical head assembly 132 about the journal 128 and thereby follow the tape 100 despite the presence of LTM. Ideally, the fine position servo feedback control block 170 operates continuously in real time to apply head position correction currents to the lateral voice coil of voice coil motor 130. The fine position servo loop has a high bandwidth, and the beam assembly 126 including voice coil 131 and head structure 132 has a low mass, such that position corrections may be applied and effected very rapidly to minimize any tracking errors.

The voice coil motor 130 includes in addition to the voice coil 131 a fixed portion 142 carrying e.g. a suitably magnetized permanent magnet. The fixed portion 142 is mechanically attached to the lead screw follower platform 122 by a suitable support bar. The voice coil 131 receives a head position correction current over the path 140 from the fine position servo feedback control block 170 and creates a magnetic field which interacts dynamically with a magnetic field provided by the permanent magnet of the fixed portion 142, such that a fine position correction force is generated which incrementally pivots the rigid beam structure 126 laterally to correct for LTM. The voice coil actuator motor 130 may comprise a permanent magnet/coil combination, or it may comprise a piezoelectric effect motive device. The head mounting structure pivot 128 may be freely rotatable relative to the bar 124 with the head mounting structure 126 mechanically biased to a neutral position, the bias being overcome by rotational force applied by the lateral voice coil actuator 130. Alternatively, the pivot 128 may be fixed to the bar 124 which thereupon functions as a torsion bar enabling limited range lateral displacement of the head mounting structure 126 in response to the driving force applied by the voice coil motor 130.

The optical servo head may comprise a suitable arrangement of light source and photo detector array, together with suitable integrated on-board amplifiers. One example of a conventional optical head is described in U.S. Patent No. 5,615,205 to Belser entitled: "Bi-Level Optical Media Having Embossed Header Format", the disclosure thereof being incorporated herein by reference. An alternative preferred optical head may be similar to one which is described in an article by Yoshikawa, Nakanishi, Itoh, Yamazaki, Komino and Musha entitled: "Laser-Detector-Hologram Unit for Thin Optical Pick-up Head of a CD Player", IEEE Trans. on Components, Packaging & Mfg. Tech. Part B, Vol. 18, No. 2, May 1995, pp. 245-249, the disclosure thereof being incorporated herein by reference.

Turning now to Fig. 6, one preferred example of a servo pattern comprises a lineal reflective area 202. In this example two photo detectors 204 and 206 are aligned to follow opposite edges of the lineal reflective area 202. The photo detector 204 puts out an electrical signal S1, while the photo detector 206 puts out an electrical signal S2. Fig. 7 describes a control process which makes use of the Fig. 6 pattern in relation to a predetermined reference level. At a first step 210 the process determines whether the servo signal S1 is above the reference level. If so, a process step 212 causes the fine positioner to move the head structure 126 in a downward direction. If not, or following process step 212, a logical step 214 determines whether the servo signal S2 is above the reference level. If so, a process step 216 causes the head structure 126 to be moved in an upward direction, and a return is made to the initial step 210. If not, a process step 218 determines that the head structure 126 is properly aligned with the data track set, and a return is made to the initial process step 210. This process of Fig. 7, while simplified, continues in real time and includes appropriate damping so that the control loop remains stable.

Fig. 8(A) illustrates another reflective servo pattern. In this example, there are e.g. five track set zones 106A, 106B, 106C, 106D and 106E. Each servo pattern, such as pattern for zone 106B, includes longitudinally arranged geometric reflective areas, such as equilateral triangle shapes which are equally spaced apart. As shown in Fig. 8(B) the interval of reflected light, in relation to the period of occurrence of the patterns, is used to determine lateral position of the tape and correct for LTM. For example, a track set A has a reflective

interval T1 which is brief in relation to the period of the pattern, while a track set B has a reflective interval which is considerably longer and approaches the period of the pattern. Fig. 9 sets forth a control process which implements servo control of the head structure 126 with the Fig. 8(A) pattern. In the Fig. 9 process a logical step 220 determines whether the reflective pattern duration is shorter than expected for the nominal track set location. If so, a process step 222 causes the head structure 126 to be moved in e.g. a downward direction relative to the tape 100. If not, or following process step 222, a logical step 224 determines whether the reflective pattern duration is longer than expected for the particular track set location. If so, a process step 226 moves the head structure e.g. in an upward direction, and a return is made to the step 220. If not, a process step 228 determines that the head structure 126 is accurately following the nominal track set location, and a return is made to the step 220. Like the process of Fig. 7, the process of Fig. 9 operates continuously to provide closed loop fine positioning during linear movements of the tape 100 through the mechanism 110.

Fig. 10 illustrates yet another reflective servo pattern for each track set location. In this particular pattern a continuous linear reflective area has two periodic lateral reflective patterns along opposite major edges. As shown in Fig. 11, one periodic pattern O1 provides a relatively low frequency electrical servo signal, which the other periodic pattern O3 provides a relatively high frequency electrical servo signal. A continuous on track pattern O2 has no periodic component. Fig. 12 sets forth a control process which makes use of the Fig. 10 pattern. A first logical step 230 determines if a repeated pulse is present in the servo signal. If not, a process step 232 determines that the head structure 126 is properly following the nominal track set and a return is made to the step 230. If so, a logical step 234 determines if e.g. a high frequency pattern is present. If not, a process step 236 impliedly determines that the low frequency pattern is present and moves the head structure 126 e.g. in a downward direction and thereupon returns to the initial step 230. If so, a process step 238 moves the head structure 126 in an upward direction and then returns to the initial process step 230.

The optical servo pattern can also make use of the diffractive property of light energy, creating a reflective pattern with overlapped reflective orders. If

diffraction is used, pattern constraints will be selected to be compatible with the resultant diffraction, reflection patterns.

While the method and apparatus of the present invention have been summarized and explained by illustrative embodiments and applications in magnetic tape recording, it will be readily apparent to those skilled in the art that many widely varying embodiments and applications are within the teaching and scope of the present invention, and that the examples presented herein are by way of illustration only and should not be construed as limiting the scope of this invention, which is more particularly set forth in the following claims.

4. Brief Description of Drawings

Fig. 1 is an isometric, highly diagrammatic, structural and electrical block view of a multi-channel magnetic tape recording system employing an optical tracking servo to sense and correct for lateral tape motion in accordance with principles of the present invention.

Fig. 2 is a highly diagrammatic enlarged view in elevation and cross-section of a magnetic/optical head assembly used by the Fig. 1 tape recording system.

Fig. 3 is a diagrammatic view in elevation of a first major surface of a recording tape incorporating principles of the present invention and showing a multiplicity of linear recording tracks.

Fig. 4(A) is a diagrammatic view in side elevation and cross-section of a conventional magnetic recording tape, and Fig. 4(B) is a diagrammatic view in side elevation and cross section of the new Fig. 3 recording tape, showing a first major surface providing a magnetic recording medium along with a second major surface providing an optical servo pattern in accordance with principles of the present invention.

Fig. 5 is an enlarged diagrammatic front view of the Fig. 4(B) recording tape showing progressive removal of various layers thereof.

Fig. 6 is a diagrammatic view in elevation of one optical servo pattern formed on the second major surface of the Fig. 4(B) recording tape as a series of linear optical reflective servo tracks.

Fig. 7 is a flow diagram explaining operation of the optical tracking servo using the Fig. 6 servo pattern to enable the head to follow lateral tape motions during tape operations of the Fig. 1 system.

Fig. 8(A) is a diagrammatic view in elevation of an alternative optical servo pattern formed on the second major surface of the Fig. 4(B) recording tape.

Fig. 8(B) is a graph of electrical servo signals generated by an optical servo head of the Fig. 1 assembly during sensing of one of the linear servo patterns shown in Fig. 8(A).

Fig. 9 is a flow diagram explaining operation of the optical tracking servo using the Fig. 8(A) servo pattern to enable the head to follow lateral tape motions during tape operations of the Fig. 1 system.

Fig. 10 is a diagrammatic view in elevation of another optical servo pattern formed on the second major surface of the Fig. 4(B) recording tape.

Fig. 11 is a graph of electrical servo signals generated by an optical servo head of the Fig. 1 assembly during sensing of the Fig. 10 pattern over a linear track during tape operations.

Fig. 12 is a flow diagram explaining operation of the optical tracking servo using the Fig. 10 servo pattern to enable the head to follow lateral tape motions during tape operations of the Fig. 1 system.

【図 1】

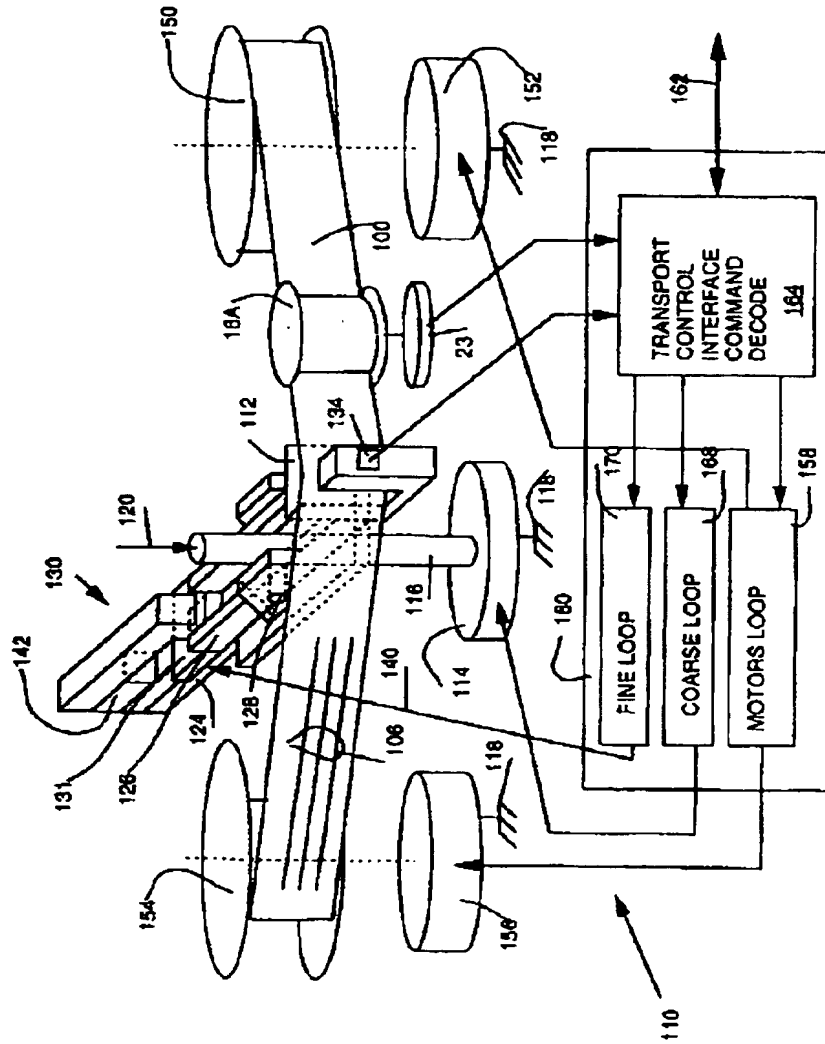


FIG. 1

[illegible]

FIG. 2

【図 3】

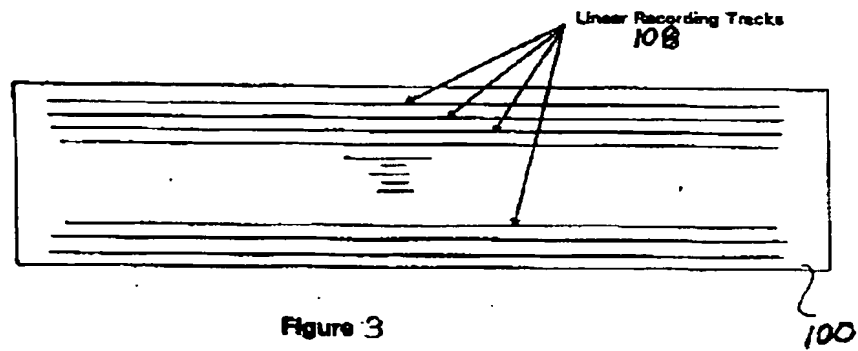


Figure 3

【図 4】

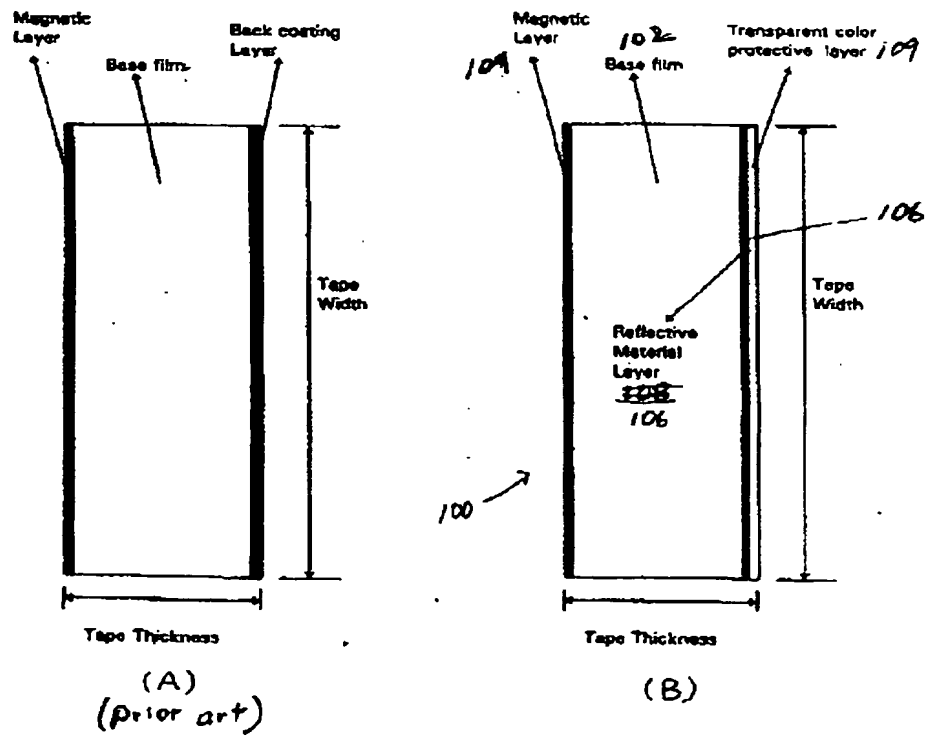


Figure 4

【 図 5 】

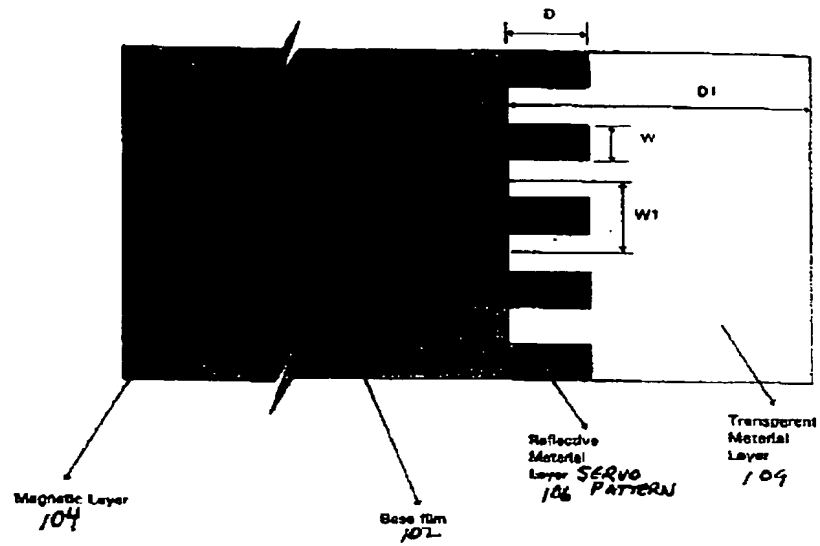


Figure 5

【 図 6 】

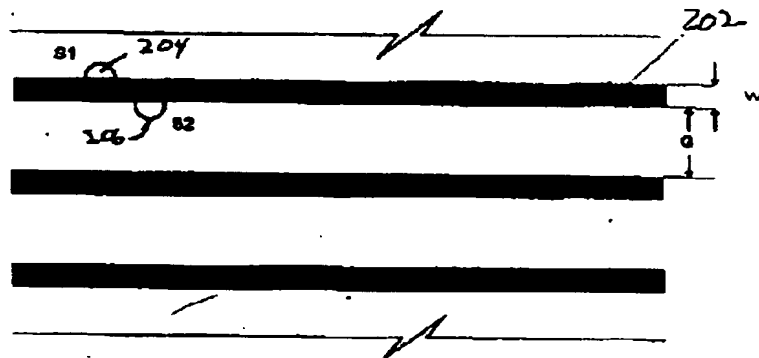


Figure 6

【 図 7 】

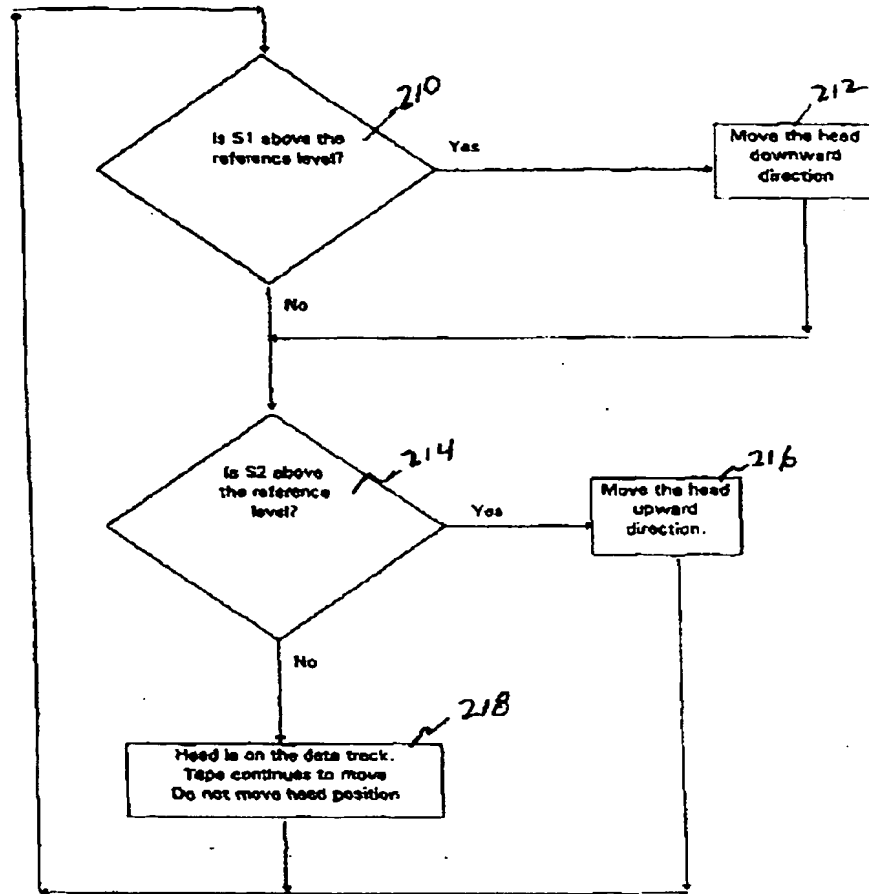


Figure. 7

【図 8】

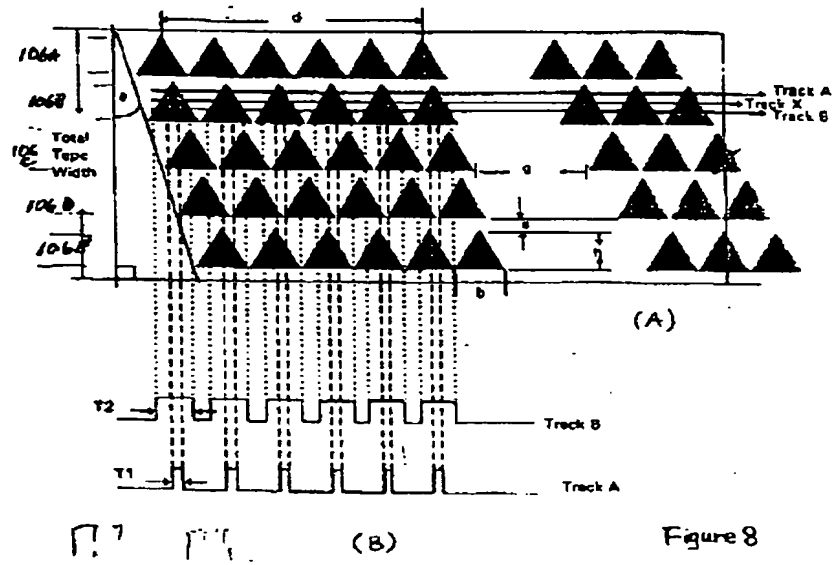


Figure 8

【図 9】

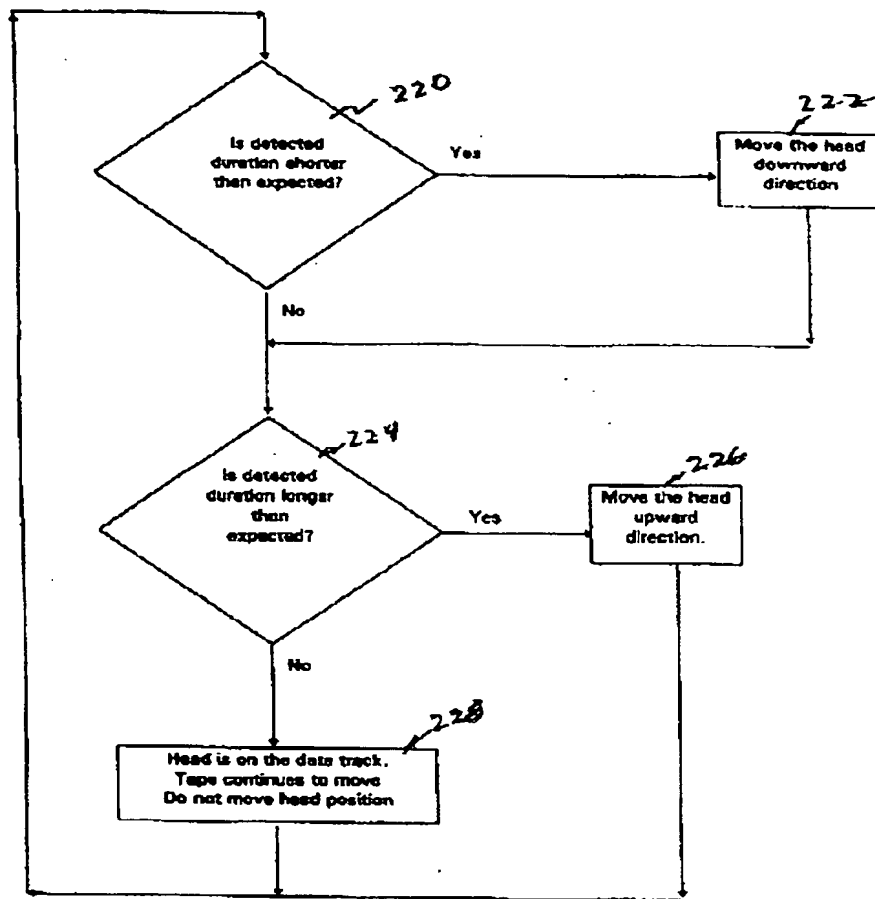


Figure 9

【図 10】

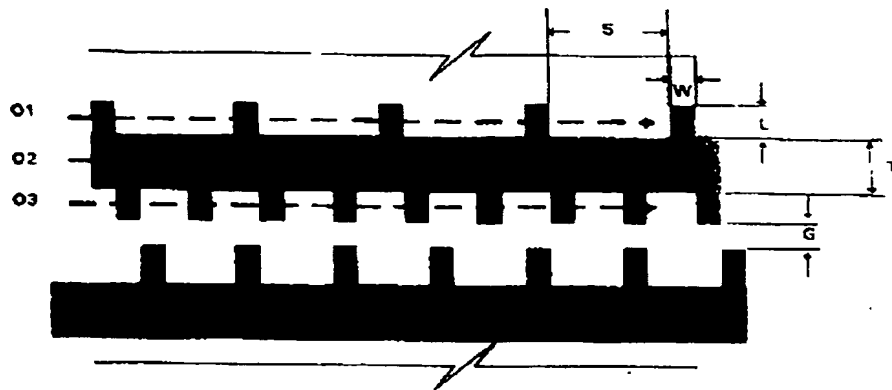


Figure. 10

【図 11】

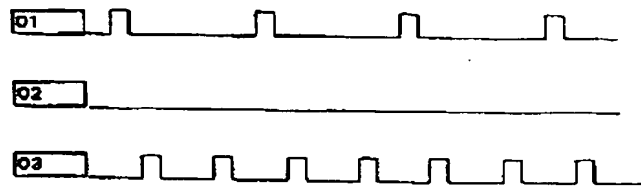


Figure 11
Output of detection circuit

【 図 1 2 】

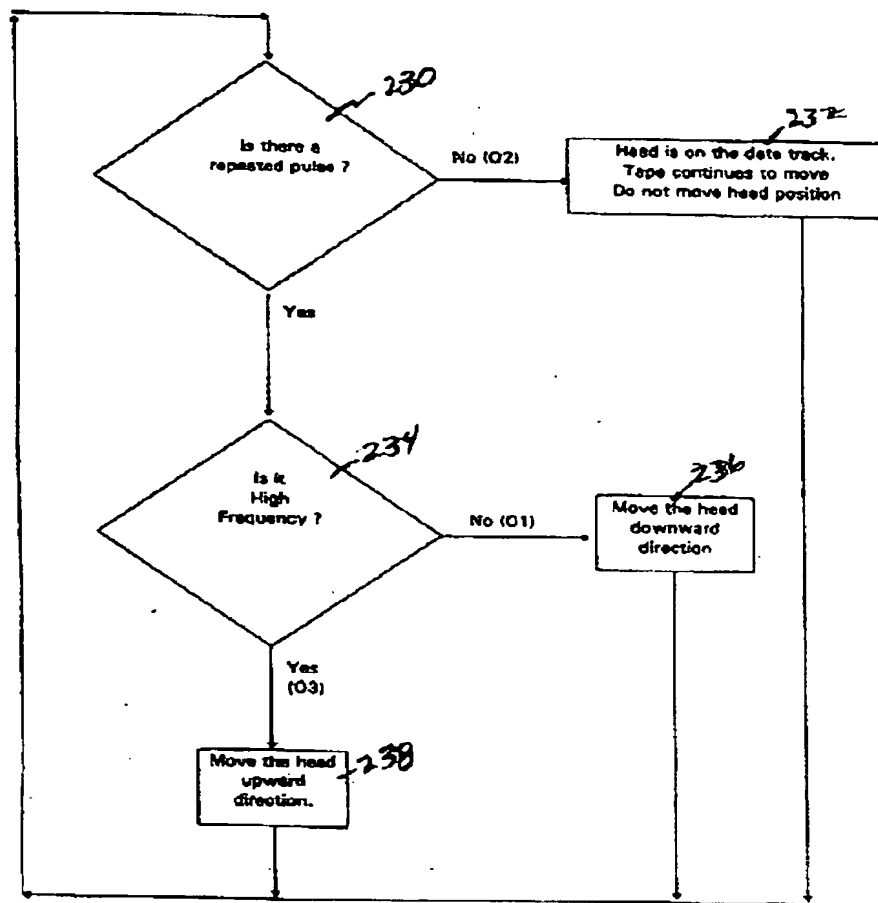


Figure 12

1. Abstract

A general object of the present invention is to provide a tape recording system and recording tape with an optical servo pattern to enable correction of LTM in a manner overcoming limitations and drawbacks of the prior art.

A magnetic storage medium formed on a front major surface of a tape substrate defines a multiplicity of longitudinal data recording and playback tracks, each track having a nominal lateral location relative to the other tracks; and a predetermined optically manifested track servo pattern defined on the back major surface of the tape for indicating lateral displacement of the tape from a nominal lateral location of the track during tape movement across a read/write head. A magnetic tape recording and playback system employing the magnetic storage medium is also disclosed.

2. Representative Drawing

Fig. 1